

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **02244105 A**(43) Date of publication of application: **28 . 09 . 90**

(51) Int. Cl

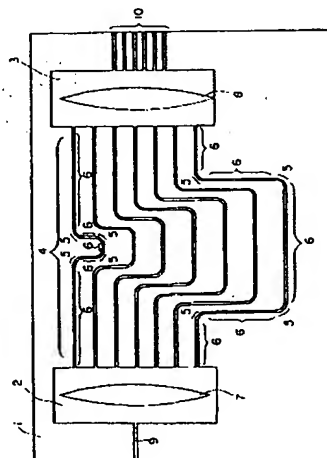
**G02B 6/12**(21) Application number: **01065588**(22) Date of filing: **17 . 03 . 89**(71) Applicant: **NIPPON TELEGR & TELEPH  
CORP <NTT>**(72) Inventor: **TAKAHASHI HIROSHI  
NISHI NORIO  
KATO KUNIHARU****(54) WAVEGUIDE TYPE DIFFRACTION GRATING****(57) Abstract:**

**PURPOSE:** To attain a higher resolving power without being limited in shape by varying the phases of light between respective three-dimensional waveguides by the plural three-dimensional waveguides which vary in length.

**CONSTITUTION:** The three-dimensional waveguide 9 for input, the 1st two-dimensional waveguide 2, a waveguide lens 7 for collimation, the three-dimensional waveguide 4, the 2nd two-dimensional waveguide 3, a waveguide lens 8 for condensing and the three-dimensional waveguide 10 for output are disposed on a waveguide substrate 1. The respective three-dimensional waveguides 4 consist of 4 pieces of the three-dimensional waveguides 5 having a 90° arc shape and 5 pieces of the three-dimensional waveguides 6 having a straight line shape and are so designed that the travel lengths thereof vary by a prescribed length from the travel lengths of the adjacent waveguides. The radii of curvature of all the arc-shaped three-dimensional waveguides 5 are equal and the difference in the travel lengths between the adjacent waveguides are generated from the differences in the length of the straight line parts. The large differences in the travel lengths are generated between the three-dimensional waveguides 4 to 6 within the range

where the size of the substrate 1 permits, without being limited in shape. The higher resolving power is thus obtd.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio



**This Page Blank (uspto)**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2599786号

(45)発行日 平成9年(1997)4月16日

(24)登録日 平成9年(1997)1月9日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 6/12

G 0 2 B 6/12

F

請求項の数4(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平1-65588

(22)出願日 平成1年(1989)3月17日

(65)公開番号 特開平2-244105

(43)公開日 平成2年(1990)9月28日

(73)特許権者 999999999

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿3丁目19番2号

(72)発明者 ▲高▼橋 浩

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

日本電信電話株式会社内

(72)発明者 西 功雄

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

日本電信電話株式会社内

(72)発明者 加藤 邦治

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

日本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 志賀 正武

審査官 中田 誠

(54)【発明の名称】 導波路形回折格子

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】入力端を有する第1の二次元導波路と、出力端を有する第2の二次元導波路と、第1の二次元導波路と第2の二次元導波路を接続する長さの異なる複数の三次元導波路からなり、三次元導波路を伝搬した後の光の位相が各三次元導波路間で異なることにより波長依存性角度分散を有することを特徴とする導波路形回折格子。

【請求項2】各三次元導波路が、複数の直線状三次元導波路と、曲率半径の等しい複数の円弧状三次元導波路の組合せから構成され、各三次元導波路の行路長を直線部分の長さで調整することにより、任意の位相分布を得ることを特徴とする第1請求項に記載の導波路形回折格子。

【請求項3】第1の二次元導波路と結合する三次元導波路の一端は、入力端を含む第1のローランド円の直径を

2

半径とする円周上に配置され、第2の二次元導波路と結合する三次元導波路の他端は、出力端を含む第2のローランド円の直径を半径とする円周上に配置されていることを特徴とする第1請求項に記載の導波路形回折格子。

【請求項4】第1の二次元導波路と第2の二次元導波路は同一であって、入力端、出力端及び複数の三次元導波路の片端と結合し、三次元導波路の他端は高反射率終端とされていることを特徴とする第1請求項に記載の導波路形回折格子。

10 【発明の詳細な説明】

「産業上の利用分野」

本発明は、優れた分解能および高い回折効率を有する導波路形回折格子に関するものである。

「従来の技術」

近年、波長分割多重伝送システムにおいて、多重度を

増やし伝送量を増大させようという試みがなされている。これを実現するには波長間隔の小さい光を分波できる分波器が必要であるが、従来の回折格子を用いた分波器では、分解能を上げるために回折次数の高い回折光を用いると、回折効率が低下するという欠点があった。これを回避する有用な方法の1つとして、複数の同心円弧上に配置された三次元導波路により、回折格子の機能を持たせる方法が知られている('New focusing and dispersive planar component based on an optical phased\*

$$m = \frac{n_e \phi \Delta R}{\lambda_0} \quad \dots (2)$$

従って、分解可能最小波長間隔 $\Delta\lambda$ は、導波路数を $N$ ※※として、次式で与えられる。

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda_0}{N m} = \frac{\lambda_0^2}{n_e \phi N \Delta R} \quad \dots (3)$$

上式(3)において、導波路数 $N$ と導波路間隔 $\Delta R$ の積 $N\Delta R$ は、およそその導波路形回折格子の横幅を示すもので、その大きさは導波路を形成する基板の大きさに制限される。 $n_e, n_c$ は導波路の材料により定まるものである。従って、導波路材料と基板の大きさが限定された場合、高分解能な回折格子を得るためには円弧の開き角 $\phi$ を大きく取れば良い。

「発明が解決しようとする課題」

ところが、現実的には開き角 $\phi$ を $2\pi$ 以上取ることは不可能であり、これが高分解能化の障害となっている。

また、①各三次元導波路の曲率半径が異なるため各三次元導波路の伝搬特性が一樣でない、②入力光軸と出力光軸のなす角度を任意に設定できないため実際の合分波器として組み立てる際に光軸合わせなどが煩雑になる、という欠点があった。

本発明は、このような問題を解決課題とし、波長間隔の狭い波長分割多重伝送システム用光合分波器に適用できる高分解能でかつ回折効率の高い導波路形回折格子を提供することを目的とする。

「課題を解決するための手段」

本発明の導波路形回折格子は、入力端を有する第1の二次元導波路と、出力端を有する第2の二次元導波路と、第1の二次元導波路と第2の二次元導波路を接続する長さの異なる複数の三次元導波路からなり、三次元導波路を伝搬した後の光の位相が各三次元導波路間で異なることにより波長依存性角度分散を有することを特徴とする。

「作用」

本発明の導波路形回折格子は、長さが異なる複数の三次元導波路によって、光の位相を各三次元導波路間で異ならせることにより、形状的に制限されることなく、基板の大きさが許す範囲内で三次元導波路間に大きな行路長差を生じさせて、高分解能化を実現する。

また、各三次元導波路を円弧状および直線状の三次元

\* array'; M.K.Smit, Electronics Letters, Vol.24, pp.385-386, 1988.)。同論文の方法においては、回折角 $\theta$ 、導波路間隔 $\Delta R$ 、円弧の開き角 $\phi$ 、二次元導波路の等価屈折率 $n_e$ 、三次元導波路の等価屈折率 $n_c$ 、回折次数 $m$ 、真空中での波長 $\lambda$ は次式の関係にある。

$$n_e \Delta R \sin \theta + n_c \phi \Delta R = m \lambda \quad \dots (1)$$

中心波長 $\lambda_0$ の近傍においては $\theta = 0$ であり、このとき回折次数 $m$ は次式で与えられる。

$$\dots (2)$$

導波路の組合せとすることにより、隣接する三次元導波路間の行路長差を、直線部分の長さを変えることによって発生させる。また、この場合には、円弧部の曲率半径を等しくし、その円弧部の伝搬特性を全ての導波路において等しくして、三次元導波路からの出力を均一にすると共に、円弧と直線の組合せによって入力光軸と出力光軸の角度を任意に設定できるものとする。

また、入力端を含むローランド円の直径を半径とする円周上に三次元導波路と第1の二次元導波路の結合部を配置し、出力端を含むローランド円の直径を半径とする円周上に三次元導波路の他端と第2の二次元導波路の結合部の配置することにより、コリメート及び集光用のレンズを必要としない設計を可能とする。

さらに、各三次元導波路の途中に高反射率の終端処理を施すことにより、第1の二次元導波路と第2の二次元導波路を同一のものとして全体の大きさを半減すると共に、円弧状の三次元導波路を必要としない構成を実現して、導波路設計の労力を低減する。

「実施例」

以下、本発明の実施例を説明するに先立ち、本発明の特徴と従来技術との差異について説明する。

先述の論文の方法における分解能の限界の原因は、複数の三次元導波路間の行路長差を円弧の曲率の違いにより発生させていたことにある。一方本発明においては、長さの異なる複数の三次元導波路によって、三次元導波路間に行路長差を生じさせるものであり、そのための構成例としては、各三次元導波路を円弧状および直線状の三次元導波路の組合せとして、隣接する三次元導波路間の行路長差を、それらの直線部分の長さを変えることによって発生させる。この構成例において、円弧状の三次元導波路の目的は、長さの異なる直線状三次元導波路を配置するために行路を曲げることであり、行路長差を発生させることを目的としていないため、曲率半径はすべて等しい。この点において本発明と先述の論文の方法

はまったく異なる。

ところで、隣接する三次元導波路間の行路長差を $\Delta L$ とすると第2の二次元導波路内の回折光の回折角 $\beta$ は次式で与えられる。

$$a(\sin\alpha + \sin\beta)n_c + \Delta L n_c = m\lambda \quad \dots\dots (4) *$$

$$m = \frac{\Delta L n_c}{\lambda} \quad \dots (5)$$

従って、分解可能最小波長間隔 $\Delta\lambda$ は次式で与えられる。

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{n_c N \Delta L} \quad \dots (6)$$

$\Delta L$ には形状的な制限がないため、本発明においては、基板の大きさが許す範囲内でその値を大きく設定することが可能となる。従って、容易に高分解能化が可能である。

次に、図面に基づき本発明の実施例について詳述する。

第1図に本発明の第1の実施例を示す。

本実施例では、導波路基板1上に入力用三次元導波路9、第1の二次元導波路2、コリメート用導波路レンズ7、三次元導波路4、第2の二次元導波路3、集光用導波路レンズ8、出力用三次元導波路10が配置されている。各三次元導波路4は4個の90°円弧状三次元導波路5と5個の直線状三次元導波路6からなり、その行路長は隣接するものと $\Delta L$ だけ異なるように設計する。全ての円弧状三次元導波路5の曲率半径は等しく、隣接する導波路間の行路長差 $\Delta L$ は直線部の長さの違いにより生じている。同第1図から明らかなように、本実施例においては、基板の大きさの範囲内であれば、形状的な制限無しで $\Delta L$ を設定できることになる。

このような構成において、入力用三次元導波路9から入射した波長の異なる光の混合光は、導波路レンズ7により平行光に変換され、第1の二次元導波路2と結合している複数の三次元導波路4に導かれる。三次元導波路4を伝搬した後の混合光は第2の二次元導波路3内を伝搬する際、それぞれ前述した(4)式を満足する方向に回折し、導波路レンズ8により収束され異なる位置に焦点を結ぶ。出力用三次元導波路10の一端はあらかじめ各波長の光が収束する位置に配置されており、異なる波長の光はそれぞれ異なる三次元導波路8内を伝搬し基板端に到達する。

本実施例では、各三次元導波路4が5個の直線状三次元導波路6と4個の円弧状三次元導波路5からなり、入射光軸と出射光軸が同一直線上にあるとしたが、本発明はこの実施例に限定されるものでなく、例えば、2個の直線状三次元同一と1個の円弧上三次元導波路を組み合わせ、入射光軸と出射光軸を直行させる、等の設計ができることは自明である。

第2図は本発明の第2の実施例である。

\* ここで、 $a$ は第2の二次元導波路に結合する部分における複数の三次元導波路の間隔、 $\alpha$ は入射角である。 $\sin\alpha + \sin\beta = 0$ なる中心波長 $\lambda$ 。においては次式が成立する。

本実施例では、第1の二次元導波路12と結合する三次元導波路14の端部が入力用三次元導波路19端部を含む第1のローランド円17の直径を半径とする円周上に配置され、第2の二次元導波路13と接合する三次元導波路14の端部が出力用三次元導波路20端部を含むローランド円18の直径を半径とする円周上に配置されている。このような配置によりコリメート用レンズと集光用レンズが不用となることは従来の凹面回折格子から明らかである。二次元導波路内にレンズを作製する必要がないため、1回のパタンニングで作製できプロセスの時間と経費を大幅に軽減できる。本実施例における回折格子としての動作及び得られる効果は第1の実施例と同様である。

第3図は本発明の第3の実施例である。

本実施例の特徴は、直線状三次元導波路23の一端に高反射率終端処理24を施すことにより、第1および第2の実施例で2個必要だった二次元導波路を1個としている点である。入力用三次元導波路26の一端と出力用三次元導波路27の一端は同一のローランド円25上に配置され、ローランド円25の直径を半径とする円周上に三次元導波路23と二次元導波路22の結合部が配置されている。第1および第2の実施例が透過形回折格子であったのに対して、本実施例は反射形回折格子である。本実施例の構造とすることにより、構造の簡易化と小型化を図ることができる。また、本実施例では所望の行路長差 $\Delta L$ を円弧状三次元導波路を用いず実現できるのも特筆すべき点である。本実施例の回折格子としての動作及び得られる効果は第1および第2の実施例と同様である。

ところで、上述した第1から第3の実施例においては、二次元導波路と複数の三次元導波路は直接端面結合しているためモード変換損失を生じ、回折効率の点からは最適な構造とは言い難い。この欠点を解決するには、二次元導波路と複数の三次元導波路の間にテーパ状導波路を挿入することが有効である。この構造により、本発明の回折格子としての特徴を損なうことなく回折効率をさらに向上させることが可能である。

また、第1から第3の実施例においては、第1の二次元導波路レンズと第2の二次元導波路レンズを等しいとし、第1の二次元導波路に結合する三次元導波路の間隔

と第2の二次元導波路に結合する三次元導波路の間隔とを等しいとしたが、本発明はこの実施例に限定されるものではなく、異なった値に設計することが可能であることは明らかである。

また、第1から第3の実施例においては、三次元導波路の間隔を一定値とし、三次元導波路の導波路長さを一定値としたが、本発明はこの実施例に限定されるものではなく、間隔と導波路長さが比例の関係にあれば必ずしも一定の値である必要がないことは明らかである。

また、第1から第3の実施例においては、第1の三次元導波路に入力用三次元導波路を備え、第2の二次元導波路に出力用三次元導波路を備えていたが、本発明はこの実施例に限定されるものではなく、第1の二次元導波路および第2の二次元導波路の端部から直接入出力が可能であることは自明である。

#### 「発明の効果」

以上説明したように、本発明の導波路形回折格子は、長さが異なる複数の三次元導波路によって、光の位相を各三次元導波路間で異ならせる構成であるから、形状的に制限されることなく、基板の大きさが許す範囲内で三次元導波路間に大きな行路長差を生じさせて、高分解能力を実現することができる。従って、本発明によればフォトリソグラフィ技術を用いて、従来の回折格子よりも高分解能で、しかも回折効率が高い導波路形回折格子を得ることができる。また、コリメート用および集光用レンズを不用とすることも可能である。これらの特徴は、波長間隔の小さな波長分割多重伝送システム用導波路形光合分波器を構成する上で非常に大きな利点となる。

また、各三次元導波路を円弧状および直線状の三次元導波路の組合せとすることにより、隣接する三次元導波路間の行路長差を、直線部分の長さを変えることによって発生させることができる。また、その円弧部の曲率半径を等しくすることにより、その円弧部の伝搬特性を全ての導波路において等しくして、三次元導波路からの出力を均一にすることができる。また、円弧と直線の組合せにより入力光軸と出力光軸の角度を任意に設定できる、等先述の論文の方法で問題となっていた点を解決することができる。しかも、上述した(5)式で与えられる回折次数の回折光に光の強度が集中して不用次数への放射が少なく、回折効率が非常に高い。

また、入力端を含むローランド円の直径を半径とする円周上に三次元導波路と第1の二次元導波路の結合部を配置し、出力端を含むローランド円の直径を半径とする円周上に三次元導波路の他端と第2の二次元導波路の結合部を配置することにより、コリメート及び集光用のレンズを必要としない設計が可能となる。

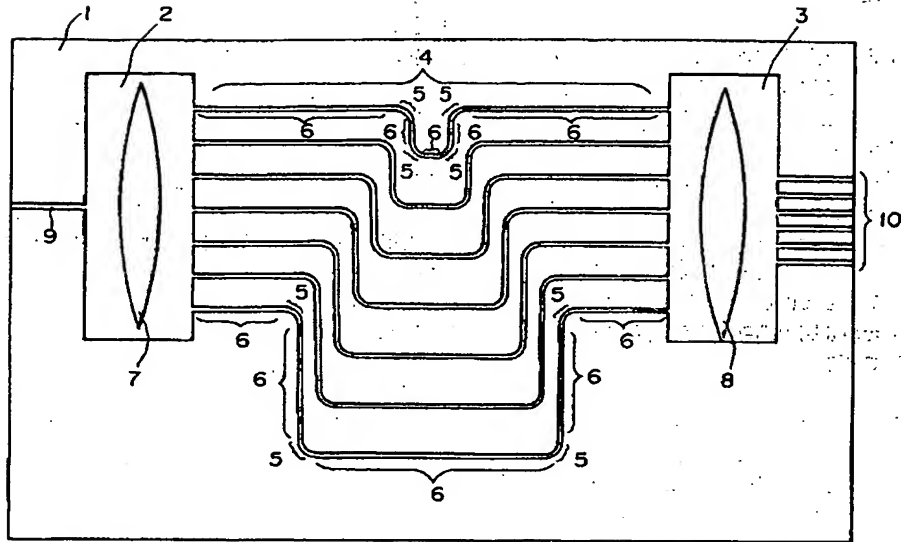
さらに、各三次元導波路の途中に高反射率の終端処理を施すことにより、第1の二次元導波路と第2の二次元導波路を同一のものとすることができる。また、この場合には、全体の大きさが半減できるだけでなく、円弧状の三次元導波路を必要としない構成ができて導波路設計の労力を低減することも可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

第1図は本発明の第1の実施例の構成図、第2図は本発明の第2の実施例の構成図、第3図は本発明の第3の実施例の構成図である。

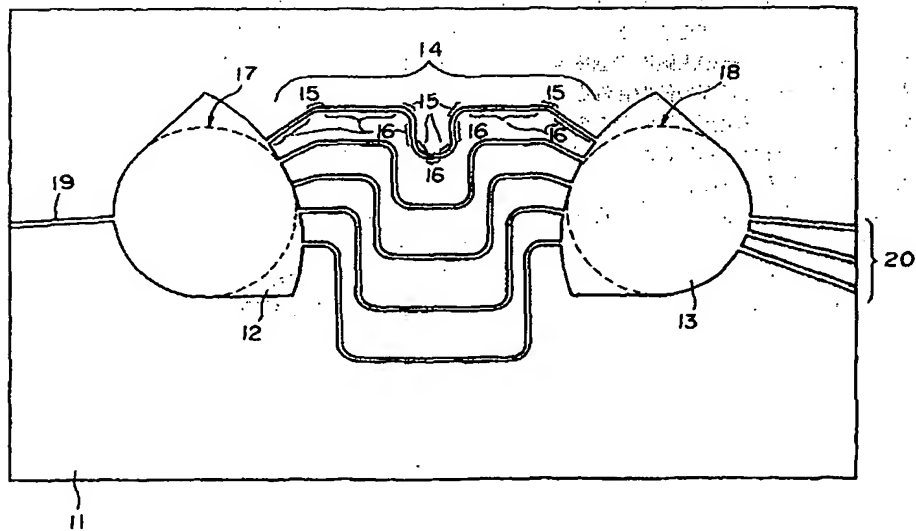
- 1……導波路基板、2……第1の二次元導波路、
- 3……第2の二次元導波路、4……三次元導波路、
- 5……円弧状三次元導波路、
- 6……直線状三次元導波路、
- 7……コリメート用導波路レンズ、
- 8……集光用導波路レンズ、
- 9……入力用三次元導波路、
- 10……出力用三次元導波路、
- 11……導波路基板、
- 12……第1の二次元導波路、
- 13……第2の二次元導波路、
- 14……三次元導波路、
- 15……円弧状三次元導波路、
- 16……直線状三次元導波路、
- 17……第1のローランド円、
- 18……第2のローランド円、
- 19……入力用三次元導波路、
- 20……出力用三次元導波路、
- 21……導波路基板、22……二次元導波路、
- 23……三次元導波路、
- 24……高反射率終端処理、
- 25……ローランド円、
- 26……入力用三次元導波路、
- 27……出力用三次元導波路。

【第1図】



- 1; 導波路基板  
2; 第1の二次元導波路  
3; 第2の二次元導波路  
4; 三次元導波路

【第2図】



【第3図】

